

---

---

**Mesurage du débit des fluides au  
moyen d'appareils déprimogènes —  
Lignes directrices relatives aux  
effets des écarts par rapport aux  
spécifications et aux conditions  
d'utilisation données dans l'ISO 5167**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)  
*Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices —  
Guidelines on the effect of departure from the specifications and  
operating conditions given in ISO 5167*

[ISO/TR 12767:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c135c7c6-72a1-4a34-a5f7-1fd3e1a02ca0/iso-tr-12767-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c135c7c6-72a1-4a34-a5f7-1fd3e1a02ca0/iso-tr-12767-2007>



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TR 12767:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c135c7c6-72a1-4a34-a5f7-1fd3e1a02ca0/iso-tr-12767-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c135c7c6-72a1-4a34-a5f7-1fd3e1a02ca0/iso-tr-12767-2007>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2007

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>v</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>vi</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Symboles et termes abrégés</b> .....	<b>2</b>
<b>5</b> <b>Effet des erreurs sur les calculs de débit</b> .....	<b>3</b>
5.1   Généralités.....	3
5.2   Effets quantifiables.....	4
<b>6</b> <b>Effets des écarts lors de la construction</b> .....	<b>4</b>
6.1   Acuité de l'arête du diaphragme.....	4
6.2   Épaisseur de l'arête de l'orifice.....	5
6.3   État des faces amont et aval du diaphragme.....	6
6.4   Position des prises de pression pour un orifice.....	7
6.4.1   Généralités.....	7
6.4.2   Calcul du coefficient de décharge.....	7
6.4.3   Estimation de l'incertitude supplémentaire.....	7
6.4.4   Exemple.....	7
6.5   État des prises de pression.....	8
<b>7</b> <b>Effets du positionnement de la canalisation près de l'organe déprimogène</b> .....	<b>8</b>
7.1   Diamètre de la conduite.....	8
7.2   Variations du diamètre interne de la conduite.....	8
7.3   Diamètre de la bague porteuse.....	9
7.4   Joints circulaires sous-dimensionnés.....	12
7.5   Soudures saillantes.....	12
7.6   Excentricité.....	12
<b>8</b> <b>Effets de la disposition de la conduite</b> .....	<b>16</b>
8.1   Généralités.....	16
8.2   Modifications du calcul du coefficient de décharge.....	16
8.2.1   Corrections.....	16
8.2.2   Incertitude supplémentaire.....	18
8.3   Prises de pression.....	18
8.4   Appareils pour améliorer les conditions d'écoulement.....	19
<b>9</b> <b>Écarts opérationnels</b> .....	<b>19</b>
9.1   Généralités.....	19
9.2   Déformation d'un diaphragme.....	19
9.2.1   Généralités.....	19
9.2.2   Déformation élastique.....	19
9.2.3   Déformation plastique.....	20
9.3   Dépôt sur la face amont d'un diaphragme.....	21
9.4   Dépôt dans la conduite support à la mesure.....	25
9.5   Acuité de l'arête du diaphragme.....	26
9.5.1   Détérioration.....	26
9.5.2   Retournement du diaphragme.....	27
9.6   Dépôt et augmentation de la rugosité de surface dans des tubes de Venturi.....	27
9.6.1   Généralités.....	27
9.6.2   Dépôt.....	28
9.6.3   Rugosité de surface.....	28
<b>10</b> <b>Rugosité de la conduite</b> .....	<b>29</b>
10.1   Généralités.....	29

10.2	Conduite amont.....	30
10.3	Conduite aval.....	33
10.4	Réduction des effets de la rugosité.....	33
10.5	Maintenance.....	33
<b>Bibliographie</b> .....		<b>35</b>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO/TR 12767:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c135c7c6-72a1-4a34-a5f7-1fd3e1a02ca0/iso-tr-12767-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c135c7c6-72a1-4a34-a5f7-1fd3e1a02ca0/iso-tr-12767-2007>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Dans des circonstances exceptionnelles, lorsqu'un comité technique a recueilli des données d'un type différent de celui qui est normalement publié sous forme de Norme internationale (« état de l'art », par exemple), il peut décider par un simple vote de la majorité de ses membres participants de publier un Rapport Technique. Un Rapport Technique est entièrement informatif par nature et n'a pas besoin d'être révisé tant que les données qu'il contient ne sont pas considérées comme obsolètes ou inutiles.

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO/TR 12767 a été élaboré par le comité technique ISO/TC 30, *Mesure de débit des fluides dans les conduites fermées*, sous-comité SC 2, *Appareils déprimogènes*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO/TR 12767:1998), qui a fait l'objet d'une révision technique.

## Introduction

L'ISO 5167 (toutes les parties) spécifie des méthodes de mesurage du débit à l'aide d'appareils déprimogènes. La conformité à l'ISO 5167 (toutes les parties) conduit à des mesurages de débit dont l'incertitude se situe dans les limites spécifiées. Toutefois, si une installation de mesure de débit s'écarte, pour une raison ou une autre, des conditions spécifiées dans l'ISO 5167 (toutes les parties), les limites spécifiées pour l'incertitude peuvent ne pas être atteintes. Il existe de nombreuses installations de mesure pour lesquelles ces conditions n'ont pas été ou ne peuvent pas être respectées. Dans ces circonstances, il est généralement impossible d'évaluer l'effet précis de tels écarts. Il existe toutefois une quantité considérable de données qui peuvent être utilisées pour donner une indication générale de l'effet d'une non-conformité à l'ISO 5167 (toutes les parties); ces données sont regroupées dans le présent Rapport Technique sous forme de lignes directrices à l'intention des utilisateurs d'équipements de débitmétrie.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 12767:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c135c7c6-72a1-4a34-a5f7-1fd3e1a02ca0/iso-tr-12767-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c135c7c6-72a1-4a34-a5f7-1fd3e1a02ca0/iso-tr-12767-2007>

# Mesurage du débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes — Lignes directrices relatives aux effets des écarts par rapport aux spécifications et aux conditions d'utilisation données dans l'ISO 5167

## 1 Domaine d'application

Le présent Rapport Technique fournit un guide pour estimer le débit avec des appareils déprimogènes construits ou utilisés hors du domaine d'application de l'ISO 5167.

Des tolérances ou des corrections supplémentaires ne permettent pas nécessairement de compenser les effets d'un écart par rapport à l'ISO 5167 (toutes les parties). Ces informations sont fournies, en premier lieu, pour indiquer le niveau de soin nécessaire lors de la fabrication, de l'installation et de la maintenance des appareils déprimogènes, en décrivant certains des effets que peut avoir le non-respect des exigences et, en second lieu, pour permettre aux utilisateurs qui ne peuvent pas se conformer entièrement aux exigences d'évaluer, bien qu'approximativement, l'amplitude et le sens de l'erreur résultante sur le débit.

Chaque variation concernée est traitée comme s'il s'agissait de la seule erreur présente. Lorsque l'on sait qu'il y a plusieurs erreurs, des interactions imprévisibles peuvent se produire et l'évaluation combinée de ces erreurs nécessite de prendre des précautions particulières. S'il y a un nombre significatif d'erreurs, il faut envisager un moyen d'en éliminer certaines. Les variations incluses dans le présent Rapport Technique ne sont en aucun cas complètes et se réfèrent largement à des exemples portant sur les diaphragmes. Un exemple avec des tubes de Venturi a été introduit à la fin de cette section. Il existe, sans aucun doute, de nombreux exemples similaires d'installations non conformes à l'ISO 5167 (toutes les parties) pour lesquelles aucune donnée comparable n'a été publiée. Ces informations additionnelles provenant des utilisateurs, des fabricants et autres pourront être prises en compte dans de futures révisions du présent Rapport Technique.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 5167-1:2003, *Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire — Partie 1: Principes généraux et exigences générales*

ISO 5167-2:2003, *Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire — Partie 2: Diaphragmes*

ISO 5167-3:2003, *Mesurage du débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire — Partie 3: Tuyères et Venturi-tuyères*

ISO 5167-4:2003, *Mesure de débit des fluides au moyen d'appareils déprimogènes insérés dans des conduites en charge de section circulaire — Partie 4: Tubes de Venturi*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 5167-1 ainsi que les suivants, s'appliquent.

**3.1**  
**arête rectangulaire**

relation angulaire entre l'orifice de l'appareil de mesure de débit et la face amont, lorsque l'angle entre eux est de  $90^\circ \pm 0,3^\circ$

**3.2**  
**acuité**

rayon de l'arête entre l'orifice de l'appareil de mesure de débit et la face amont

Note 1 à l'article: L'arête amont de l'orifice est considérée comme aiguë lorsque le rayon n'est pas supérieur à  $0,000 4d$ , où  $d$  est le diamètre de l'orifice.

**4 Symboles et termes abrégés**

Pour les besoins du présent Rapport Technique, les symboles donnés dans le [Tableau 1](#) s'appliquent.

**Tableau 1 — Symboles et unités**

Symbole	Grandeur représentée	Dimensions M: masse L: longueur T: temps	Unité SI
$c$	Variation en pourcentage du coefficient de décharge [ $\cong 100(\Delta C / C)$ ]	sans dimension	
$C$	Coefficient de décharge	sans dimension	
$C_c$	Coefficient de contraction	sans dimension	
$d$	Diamètre de l'orifice ou du col de l'élément primaire dans les conditions d'utilisation	L	m
$D$	Diamètre intérieur de la conduite en amont dans les conditions d'utilisation	L	m
$D_1$	Diamètre de la bague porteuse	L	m
$D_2$	Diamètre du support du diaphragme	L	m
$e$	Incertitude relative	sans dimension	
$E$	Épaisseur du diaphragme	L	m
$E_e$	Épaisseur de l'orifice	L	m
$k$	Rugosité uniforme équivalente	L	m
$L_1$	Distance entre la prise de pression amont et la face amont du diaphragme, divisée par le diamètre de la conduite, $D$	sans dimension	
$L_2$	Distance entre la prise de pression aval et la face aval du diaphragme, divisée par le diamètre de la conduite, $D$	sans dimension	
$q_m$	Débit-masse	$MT^{-1}$	kg/s
$r$	Rayon de l'arête du diaphragme	L	m
$Re_d$	Nombre de Reynolds au col de l'organe déprimogène	sans dimension	
$Re_D$	Nombre de Reynolds basé sur le diamètre de la conduite en amont	sans dimension	
$u$	Vitesse axiale locale	$LT^{-1}$	m/s
$u_{CL}$	Vitesse axiale au centre de la conduite	$LT^{-1}$	m/s
$U$	Vitesse axiale moyenne	$LT^{-1}$	m/s
$Y$	Module d'élasticité du matériau du diaphragme	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa



Tableau 1 (suite)

Symbole	Grandeur représentée	Dimensions M: masse L: longueur T: temps	Unité SI
$\beta$	Rapport des diamètres (= $d/D$ )	sans dimension	
$\Delta p$	Pression différentielle	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
$\Delta p_y$	Pression différentielle requise pour atteindre la limite d'élasticité du diaphragme	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
$\varepsilon$	Coefficient de détente	sans dimension	
$\lambda$	Facteur de frottement	sans dimension	
$\rho$	Masse volumique du fluide	$ML^{-3}$	$kg/m^3$
$\rho_1$	Masse volumique du fluide au niveau de la prise de pression amont	$ML^{-3}$	$kg/m^3$
$\sigma_y$	Limite d'élasticité du matériau du diaphragme	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa

## 5 Effet des erreurs sur les calculs de débit

### 5.1 Généralités

Dans le présent Rapport Technique, les effets des écarts par rapport aux conditions spécifiées dans l'ISO 5167 (toutes les parties) sont décrits en termes de variation du coefficient de décharge,  $\Delta C$ , de l'appareil. Le coefficient de décharge,  $C$ , d'un appareil déprimogène est donné par l'Équation (1):

$$C = \frac{4q_m \sqrt{(1-\beta^4)}}{\varepsilon \pi d^2 \sqrt{(2\Delta p \rho_1)}} \quad (1)$$

L'arête vive d'un diaphragme assure la séparation de l'écoulement et donc la contraction du flux de fluide jusqu'à la «vena contracta». En définissant le coefficient de contraction,  $C_c$ , comme le rapport entre la section de passage et la section géométrique produite par l'orifice, on obtient  $C_c \approx 0,6$ , ce qui explique principalement le coefficient de décharge,  $C \approx 0,6$ .

L'effet de la variation du coefficient de décharge est illustré par l'exemple suivant.

Soit un diaphragme avec une arête exagérément arrondie. Cela aura pour résultat de réduire la séparation et d'augmenter  $C_c$ , ce qui conduira alors à des vitesses réduites au niveau de la «vena contracta». La pression différentielle observée va donc diminuer. À partir de l'Équation (1), on peut observer que le coefficient de décharge va donc augmenter. D'un autre côté,  $C_c$  augmente lorsque  $C$  augmente. Si aucune correction n'est effectuée pour cette variation de  $C$ , l'appareil affichera une valeur inférieure à la valeur réelle.

On peut donc en conclure que:

- un effet qui entraîne une augmentation du coefficient de décharge va conduire à une mesure de débit inférieure à la valeur réelle si le coefficient n'est pas corrigé;

et à l'inverse,

- un effet qui entraîne une diminution du coefficient de décharge va conduire à une mesure de débit supérieure à la valeur réelle si le coefficient n'est pas corrigé.

## 5.2 Effets quantifiables

Lorsque l'utilisateur est au courant de ces effets et qu'ils peuvent être quantifiés, le coefficient de décharge approprié peut être utilisé et le débit correct calculé. Cependant, la quantification précise de ces effets est difficile et il convient donc de considérer que tout débit calculé de cette manière comporte une incertitude plus élevée.

Sauf indication contraire, il convient d'ajouter arithmétiquement un facteur d'incertitude supplémentaire, équivalent à 100 % de la correction du coefficient de décharge, à l'incertitude du coefficient de décharge lors de l'estimation de l'incertitude globale du mesurage du débit.

## 6 Effets des écarts lors de la construction

### 6.1 Acuité de l'arête du diaphragme

Les diaphragmes dont l'arête d'entrée n'a pas l'acuité spécifiée (rayon de l'arête  $r \leq 0,000\ 4d$  selon 5.1.7.2 de l'ISO 5167-2:2003) auront des coefficients de décharge qui augmentent progressivement lorsque le rayon de l'arête augmente. Des essais ont montré que l'effet sur le coefficient de décharge,  $C$ , est une augmentation de 0,5 % pour un  $r/d$  de 0,001 et d'environ 5 % pour un  $r/d$  de 0,01. Cette relation est approximativement linéaire (voir la [Figure 1](#) et la Référence [1]). Ces valeurs s'appliquent en particulier aux valeurs de  $Re_d$  supérieures à 300 000 et aux valeurs de  $\beta$  inférieures à 0,7, mais elles peuvent servir de guide général pour d'autres valeurs.

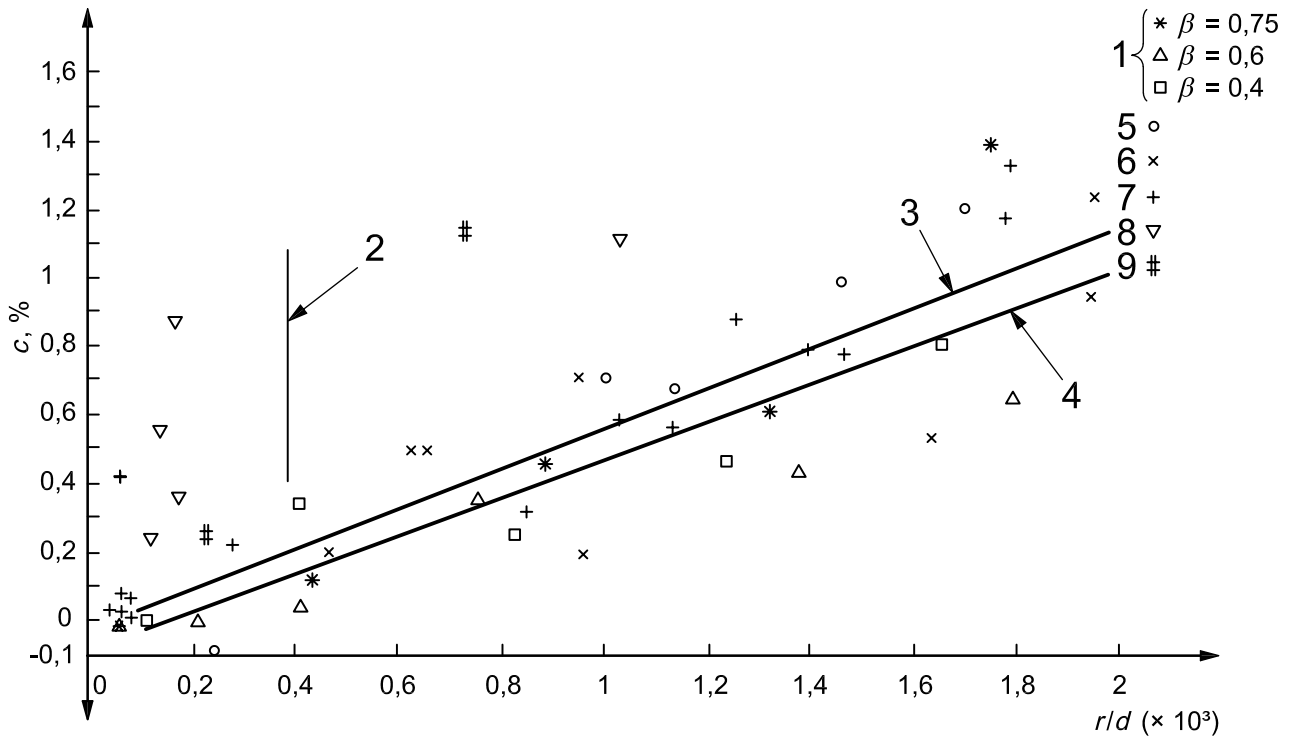
Il existe des techniques de mesure du rayon de l'arête, mais il vaut mieux en général améliorer l'acuité de l'arête pour atteindre la valeur requise plutôt que de tenter de la mesurer et faire les corrections appropriées.

(standards.iteh.ai)

L'effet des entailles dans les diaphragmes a également été mesuré dans la Référence [1].

[ISO/TR 12767:2007](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/c135c7c6-72a1-4a34-a5f7-1fd3e1a02ca0/iso-tr-12767-2007>



### Légende

1 essais du National Engineering Laboratory (NEL, RU) —  $D = 300$  mm

2 limite ISO —  $r = 0,0004d$

3 autres

4 NEL

5  $D = 50$  mm (Référence [56])

6  $D = 100$  mm (Référence [56])

7  $D = 150$  mm (Référence [34])

8  $D = 75$  mm (Référence [57])

9  $D = 100$  mm (Référence [58])

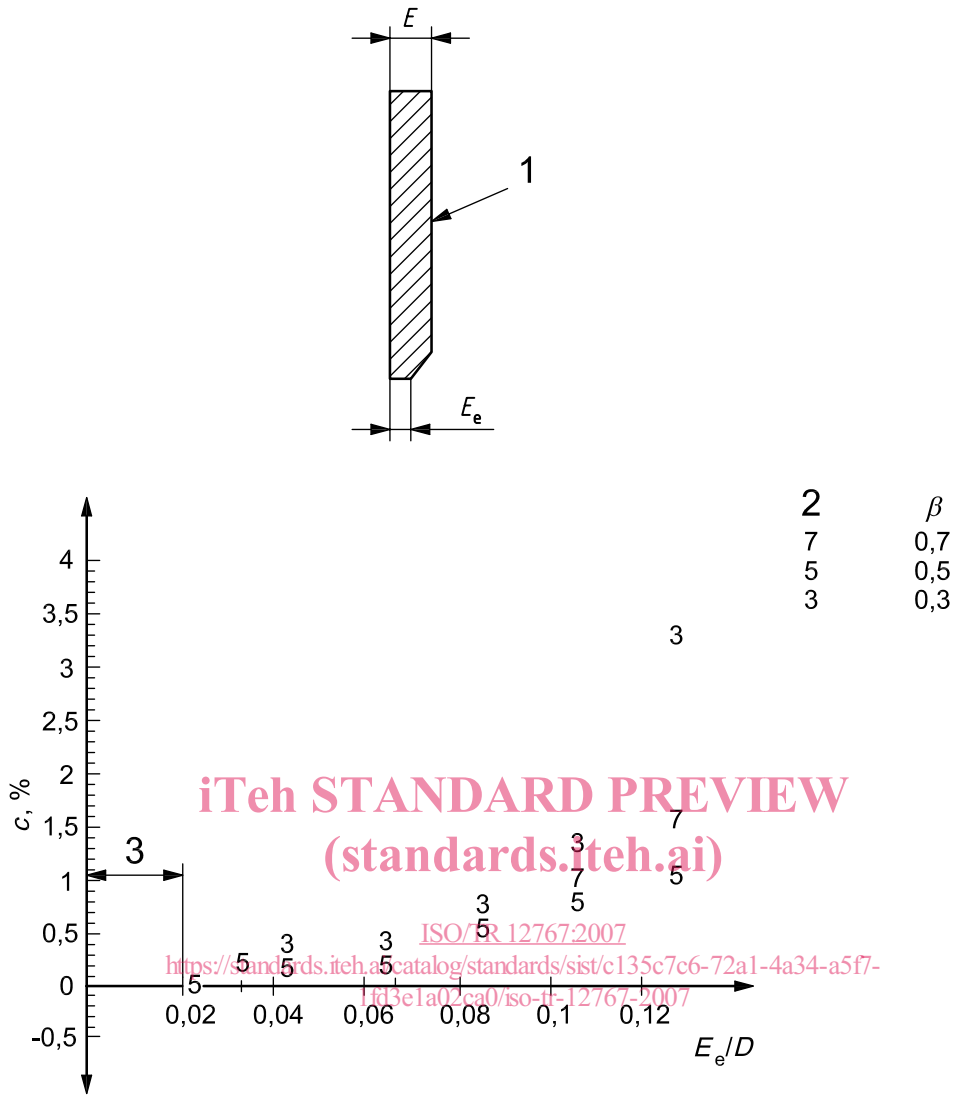
$c$  variation du coefficient de décharge

$r/d$  rapport des rayons

Figure 1 — Effet du rayon de l'arête sur le coefficient de décharge

## 6.2 Épaisseur de l'arête de l'orifice

Pour les diaphragmes, l'augmentation du coefficient de décharge due à une épaisseur excessive de l'arête de l'orifice (voir 5.1.5 de l'ISO 5167-2:2003) peut être appréciable. Les variations du coefficient de décharge illustrées à la Figure 2 ont été obtenues avec une plaque à orifice droit sur une conduite de 150 mm (voir la Référence [2]).



**Légende**

- 1 section d'un diaphragme
- 2 symbole
- 3 limite de la norme
- $c$  variation du coefficient de décharge
- $E_e/D$  rapport de l'épaisseur de l'orifice sur le diamètre intérieur de la conduite en amont

**Figure 2 — Variation du coefficient de décharge en fonction de l'épaisseur de l'orifice**

**6.3 État des faces amont et aval du diaphragme**

Il convient que la face amont soit plane et lisse. Une rugosité excessive conduit à une augmentation du coefficient de décharge. Les essais ont indiqué qu'une rugosité de surface de  $0,000\ 3d$  causera une augmentation du coefficient de décharge de l'ordre de 0,1 %. Étant donné que l'exigence d'acuité de l'arête est  $r \leq 0,000\ 4d$ , une augmentation de la rugosité du diaphragme rendra difficile la détermination de l'acuité de l'arête ou la confirmation que l'exigence relative à l'arête vive a été satisfaite.

Un endommagement local de la face amont ou de l'arête d'un diaphragme n'a pas d'effet néfaste sur le coefficient de décharge, à condition que le dommage soit maintenu aussi éloigné que possible de la prise de pression (voir la Référence [1]). Le coefficient de décharge est beaucoup plus sensible à l'état de surface de la face aval du diaphragme (Référence [1]).

Un défaut de planéité à grande échelle, par exemple une incurvation, conduit à des erreurs de mesurage du débit. Une incurvation de 1 % dans le sens de l'écoulement entraîne une mesure inférieure à la valeur réelle, c'est-à-dire une augmentation de  $C$  d'environ 0,2 % pour  $\beta = 0,2$  et d'environ 0,1 % pour  $\beta = 0,7$ . Une distorsion dans le sens opposé à l'écoulement est également à l'origine d'erreurs pouvant être positives ou négatives selon la quantité de distorsion.

## 6.4 Position des prises de pression pour un orifice

### 6.4.1 Généralités

Les valeurs du coefficient de décharge d'un diaphragme pour les trois positions normalisées des prises de pression (dans les angles, à la bride, à  $D$  et  $D/2$ ) peuvent être calculées à l'aide de l'Équation (4) de l'ISO 5167-2:2003 (voir la Référence [55]). Lorsque les positions des prises de pression sont hors des tolérances autorisées dans l'ISO 5167-2 pour les trois positions, le coefficient de décharge peut être estimé comme décrit en 6.4.2. Il convient de rappeler qu'un facteur d'incertitude supplémentaire doit être associé à l'utilisation de positions de prises de pression non normalisées.

### 6.4.2 Calcul du coefficient de décharge

Calculer les valeurs réelles de  $L_1$  et  $L_2$ . Le coefficient de décharge peut être estimé uniquement si  $L_1 \leq 1$  et  $L_2 \leq 0,47$ .

En utilisant les valeurs réelles de  $L_1$  et  $L_2$ , estimer le coefficient de décharge à l'aide de l'Équation (4) de l'ISO 5167-2:2003.

### 6.4.3 Estimation de l'incertitude supplémentaire

Si les prises de pression se trouvent entre les prises à la bride et dans les angles, l'incertitude supplémentaire,  $e$ , exprimée en pourcentage, peut être estimée comme suit:

$$e = 25 \left| \frac{C_F}{C_{CT}} - 1 \right| \quad (2)$$

où

$C_F$  est le coefficient de décharge pour les prises à la bride;

$C_{CT}$  est le coefficient de décharge pour les prises dans les angles.

Si les prises de pression se trouvent entre les prises à  $D$  et  $D/2$  et les prises à la bride, l'incertitude supplémentaire,  $e$ , exprimée en pourcentage, peut être estimée comme suit:

$$e = 25 \left| \frac{C_{D \text{ et } D/2}}{C_F} - 1 \right| \quad (3)$$

où

$C_{D \text{ et } D/2}$  est le coefficient de décharge pour les prises à  $D$  et  $D/2$ .

### 6.4.4 Exemple

Soit un débitmètre à diaphragme avec  $\beta = 0,6$ ,  $Re_D = 10^6$ ,  $D = 250$  mm et des prises à  $0,15D$  en amont et en aval du diaphragme.

Pour estimer le coefficient de décharge, utiliser l'Équation (4) de l'ISO 5167-2:2003 avec  $L_1 = L_2 = 0,15$ .